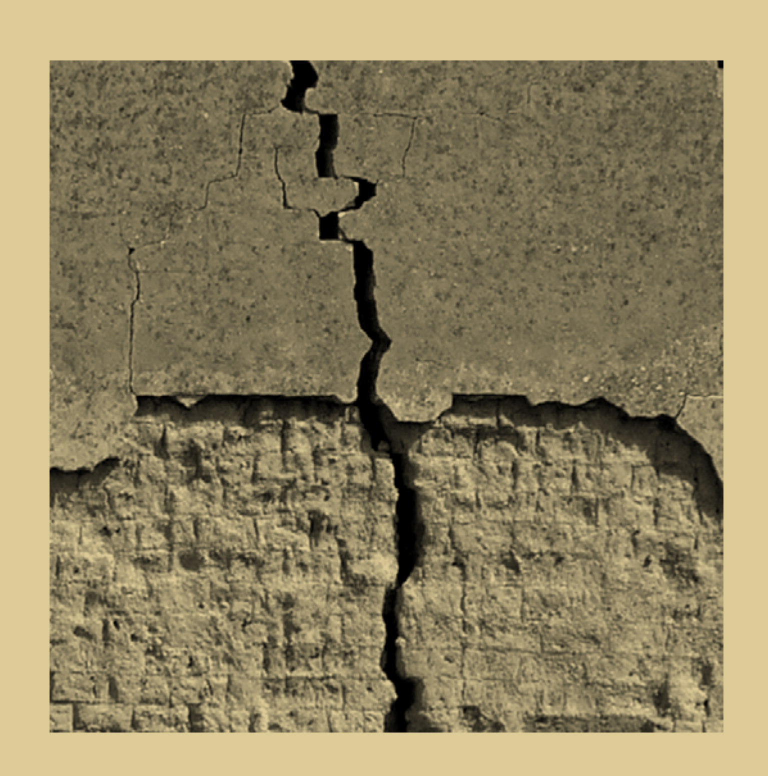
PATOLOGÍA CONSTRUCTIVA DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA

TIPOS DE DAÑOS FRECUENTES Y SUS CAUSAS

por

IGNACIO JAVIER GIL CRESPO



CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

2-90-01

PATOLOGÍA CONSTRUCTIVA DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA

TIPOS DE DAÑOS FRECUENTES Y SUS CAUSAS

por

IGNACIO JAVIER GIL CRESPO

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

2-90-01

C U A D E R N O S

D E L I N S T I T U T O

J U A N D E H E R R E R A

NUMERACIÓN

2 Área
51 Autor
09 Ordinal de cuaderno (del autor)

TEMAS

1 ESTRUCTURAS
2 CONSTRUCCIÓN
3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS
4 TEORÍA
5 GEOMETRÍA Y DIBUJO
6 PROYECTOS
7 URBANISMO
8 RESTAURACIÓN
0 VARIOS

Patología constructiva de la arquitectura de tierra. Tipos de daños frecuentes y sus causas.

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Gestión y portada: Almudena Gil Sancho.
CUADERNO 425.01 / 2-90-01
ISBN-13: 978-84-9728-499-8
Depósito Legal: M-18912-2014

Patología constructiva de la arquitectura de tierra

Tipos de daños frecuentes y sus causas

Ignacio Javier Gil Crespo

Índice

RESUMEN

Este cuaderno recoge las conclusiones sobre el análisis patológico de la arquitectura tradicional construida con tierra, inicialmente llevada a cabo en el ámbito geográfico de la provincia de Soria. La investigación se basa en una exhaustiva toma de datos. Las técnicas constructivas en tierra tradicionales —fábricas de adobe, tapia de tierra y entramados de madera con relleno de adobe— presentan varios daños como grietas, deformaciones, desprendimiento del revestimiento, disgregación del material, deterioro de piezas y elementos, humedades en la parte baja del muro, filtraciones en lo alto, disgregación, erosión o lavado superficial. Se han organizado los daños principales en cuatro grupos de acuerdo a las causas que los han originado, favorecido, extendido. En primer lugar se estudian los daños originados por la fabricación del material o su puesta en obra. A continuación se explican los daños resultantes de la falta de mantenimiento o de un mantenimiento incorrecto. El tercer grupo estudia los daños derivados de acciones externas a la fábrica. Por último se analizan las diferentes humedades y cómo afectan a los muros de tierra. Tras el análisis de los aspectos constructivos y de los daños que afectan a la arquitectura de tierra, se mencionan unos criterios para su conservación sostenible.



Figura 1
La tierra como material de construcción y la construcción con tierra. Ruinas de una construcción auxiliar levantada con muros de adobe en Velalmazán (Soria)

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

«El barro, volvió al barro, dejando un yermo en lugar de la casa»
Alejo Carpentier, *Viaje a la semilla* (1944)

La tierra es uno de los materiales de construcción de más antiguo empleo y de mayor difusión geográfica. Se considera que una tercera parte de la humanidad habita en viviendas construidas en tierra. Así mismo, la arquitectura con tierra es uno de los tipos constructivos más extendidos en España: abarca todas las regiones climáticas y geográficas. Esta forma de construir, cuyo empleo se remonta a la época prerromana, ha pervivido no sólo en la arquitectura popular, sino también en la culta.

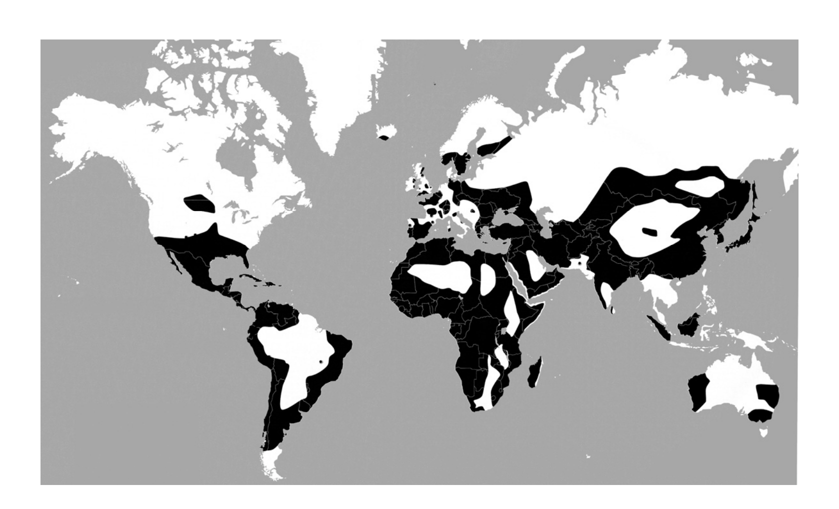


Figura 2
Distribución de la arquitectura de tierra en el mundo (Fontaine y Anger 2009)

Las técnicas constructivas más habituales de la arquitectura tradicional española son los muros de adobe y de tapia de tierra —compactada o vertida—, con múltiples combinaciones con entramados de madera, encestados, machones o hiladas de ladrillo o piedra, brencas de cal… La arquitectura subterránea supone el uso extremo de la tierra como material de construcción.

Esta publicación expone una clasificación de los daños de las construcciones con tierra atendiendo a sus causas. Con el fin de comprender la lógica constructiva de estas técnicas empleadas en la arquitectura tradicional se ofrece en primer lugar unas consideraciones sobre los fundamentos constructivos de los muros de fábrica de adobe,

de tapia de tierra o de muros armados y entramados de madera. El patrimonio arquitectónico construido en tierra que se conserva es muy importante, así como el abandono total que se ha producido sobre las técnicas tradicionales. La fase de documentación, caracterización del material y definición de los fundamentos constructivos se ha realizado tras una exhaustiva toma de datos en la que se han documentado numerosas edificaciones. Se han recogido muestras de material y se han caracterizado en el laboratorio de materiales de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.[1]

El entendimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales y de los daños que les afectan debe ayudar a que cuando se presente la tarea de intervenir sobre una de estas arquitecturas se haga con la misma confianza y seguridad que tuvieron sus constructores —no arquitectos— cuando las levantaron para albergar su hogar.

Hay tantas soluciones y aparejos como alternativas o problemas en función de la disponibilidad del material y la habilidad de quien lo emplea para la construcción. Del análisis crítico de los diferentes niveles conceptuales de la construcción que van desde la elección y elaboración del material –la tierra—, los elementos —tapia de tierra, adobe, elementos de madera—, los procesos —las uniones y juntas, la puesta en obra…— y los propios sistemas constructivos —fábricas de tapia y adobe, muros armados y entramados de madera— se podrán entender una serie de causas de los daños más frecuentes que serán estudiadas detenidamente más adelante.

---

[1] Esta publicación tiene como origen el trabajo de investigación *Fundamentos constructivos y análisis patológico de la arquitectura de tierra en la provincia de Soria*. El trabajo fue tutelado por el Prof. Dr. Luis Maldonado Ramos, a quien el autor agradece su profundo magisterio y su siempre grata amabilidad. En él se han localizado cada una de las técnicas constructivas con tierra dentro de las comarcas geográficas relacionándolas con el medio físico y humano. Una vez localizadas, se han analizado los fundamentos constructivos de estas técnicas tradicionales de construcción con tierra y se han caracterizado en cuanto al material, elementos y procesos constructivos. Por último, se han diagnosticado y clasificado los daños más frecuentes, evaluando las causas que los han provocado, favorecido o extendido. Se han publicado dos artículos sobre esta investigación en la revista *Celtiberia* (Gil Crespo 2012 y 2013). Algunos de los resultados provisionales del estudio han sido presentados en congresos (Gil Crespo 2014).El texto que aquí se publica fue preparado con motivo de una ponencia programada para el VII Taller Hispano Rumano de Restauración (Hateg, Rumanía, 2012) que por motivos de salud no pudo ser impartida. Con el fin de dar mayor contenido a este cuaderno, el texto se ha completado con algunas de las figuras publicadas en los artículos antes referidos.

FUNDAMENTOS CONSTRUCTIVOS DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA

Las técnicas constructivas con tierra empleadas en la construcción tradicional son, principalmente, la tapia de tierra, el adobe y los entramados de madera. En menor medida, aunque con una amplia distribución geográfica, se encuentran los encestados de madera con barro.

Tapia de tierra

La técnica de la tapia de tierra compactada es muy antigua y fue empleada desde épocas remotas. Ya Plinio el Viejo, en el siglo I de nuestra, era comenta en su *Naturalis Historiæ* que en África y en Hispania se levantaban muros de tierra entre tablas a modo de molde y destaca su resistencia frente a las acciones meteorológicas y el fuego,[2] técnica que los íberos, junto con los bereberes, debieron aprender de los fenicios (Rodríguez Navarro 2008, 218). La tierra como relleno se empleó en los rellenos de las murallas de las ciudades romanas, mientras que en la arquitectura doméstica se usaba, entre otros materiales, el adobe (Jimeno Martínez *et al* 2002, 95-97; Jimeno Martínez y de la Torre Echávarri 2005, 222). Sin embargo, es con la dominación árabe cuando parece extenderse este método de construir que había quedado olvidado hasta el siglo VIII. Durante la etapa previa a la instauración del califato Omeya de Córdoba —siglos VIII y IX—se vivió una recuperación de técnicas y la convivencia de métodos hasta dar con una manera propia de hacer. Así, se fue desarrollando una técnica constructiva basada en la tapia de tierra compactada y en la sillería concertada (Azuar Ruiz 2005). La arquitectura hispanomusulmana desarrolló la técnica de la tapia de tierra y se incorporó a la tradición constructiva castellana y aragonesa medieval y de posteriores épocas, tanto en la arquitectura fortificada y de estilo como, principalmente, en la doméstica y tradicional.

---

[2] Plinio el Viejo. *Naturalis Historiæ.* Citado, entre otros autores, por Monjo (1999a, 32). Claire-Anne de Chazelles (2003) ha puesto en paralelo las evidencias arqueológicas con los textos clásicos latinos en que se cita la técnica de la tapia de tierra compactada. La construcción romana no conocía esta técnica que vieron hacer en las colonias fenicias. Font Arellano (2013) también ha realizado un metódico estudio de las referencias bibliográficas históricas a la arquitectura de tierra, desde la antigüedad clásica hasta el siglo XIX. El autor agradece a la profesora Font Arellano su amabilidad y disposición, así como a facilitar, entre otros textos, el manuscrito de esta comunicación antes de su publicación.

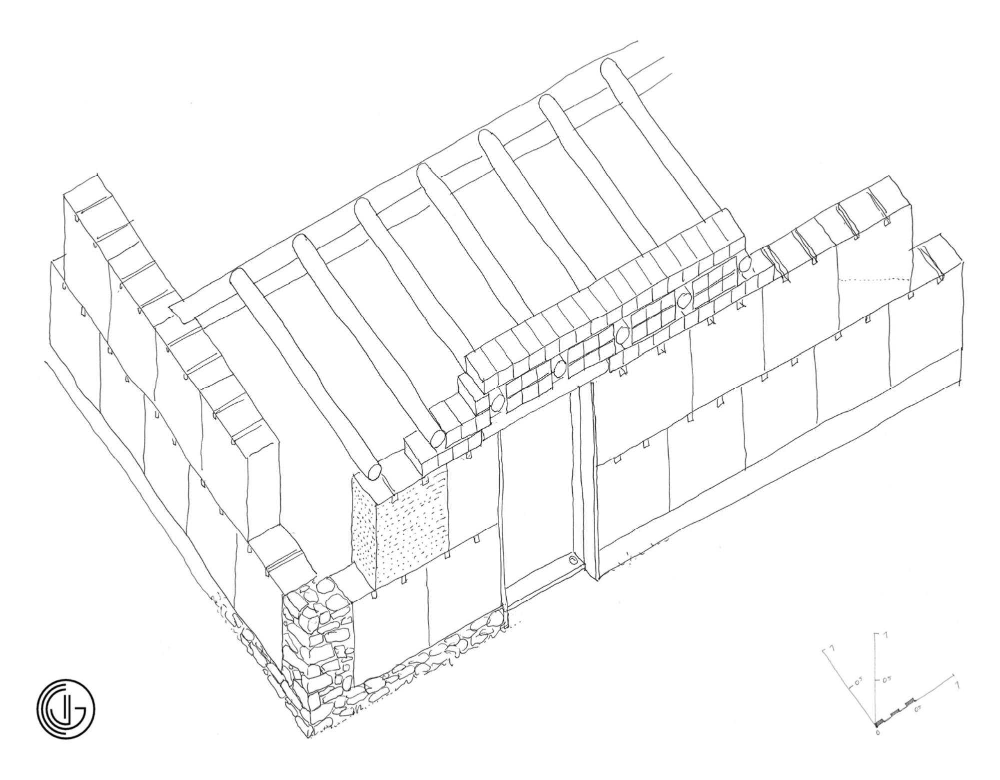
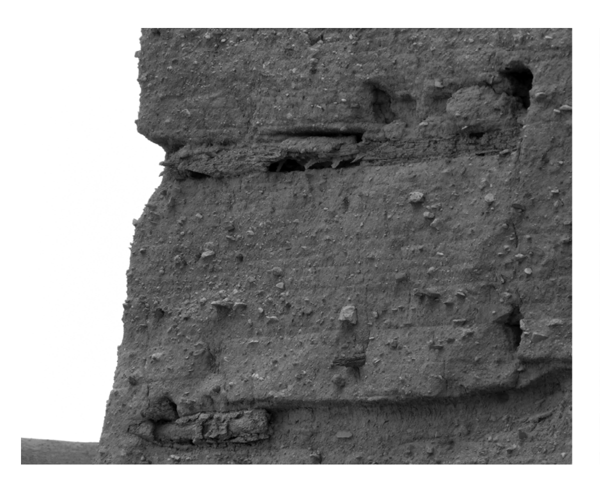


Figura 3
La tapia forma los paramentos de los muros. Las esquinas se suelen realizar en mampostería de piedra, al igual que el zócalo. El entrevigado se resuelve con piezas de adobe, al igual que las pendientes y, en muchos casos, los huecos

En la arquitectura tradicional, la tapia es una técnica que suele ir acompaña por otros materiales como adobe y piedra para definir zócalos, esquinas, testeros y otros elementos y encuentros arquitectónicos. La tapia de tierra se emplea como relleno de los paramentos de los muros, evitando en ocasiones las esquinas y los puntos débiles. En muchos casos tampoco resuelve pendientes, que se van formando con adobe. El zócalo suele ser de piedra: mampuestos calizos hasta una altura de unos dos pies sirven de transición entre el muro y la cimentación. Sin embargo, a la hora de aparejar el muro con cajones de tapia, el constructor tradicional se vale de otros materiales para solucionar los encuentros en esquina y los puntos débiles. Algunas tapias se refuerzan con pilastras de adobe. Este sistema presenta el problema de los encuentros entre los distintos materiales.

En la construcción tradicional es habitual el uso de la falsa tapia o la tapia de tierra vertida y no compactada. En este caso no se observan las características tongadas de tierra apisonada, sino que entre los tapiales o encofrado de madera lateral se vierte una amalgama de tierra, cascotes y barro.




Figuras 4 y 5
Tapia de tierra compactada en el castillo de Palenzuela (Palencia) y tapia de tierra vertida en Santa María del Prado (Soria)

Fábricas de adobe

Con fábrica de adobe se construyen muros a base de pequeñas piezas que se colocan ya secadas. Esta diferencia con la fábrica de tapia de tierra hace que no se produzcan retracciones por secado. Los adobes se forman en un molde llamado adobera o gradilla; cada familia tenía sus gradillas y en el proceso de fabricación participaban todos los miembros. Se aprovechaban épocas improductivas o de descanso entre las diversas tareas agrícolas. Cuando ya se había terminado la cosecha y el proceso de trillado, se recoge la paja sobrante que ha sido desbriznada y tiene unas dimensiones de pocos centímetros. Estas son las hebras de paja que se mezclan con el barro para la fabricación de adobes.

Los dos aparejos más comunes son los muros de un pie de adobe aparejado a tizón y los muros en los que se alternan hiladas a tizón con hiladas a soga. Por motivos dimensionales, en la esquina se producen unos vacíos que se acostumbran a rellenar con cascotes y barro. En ambos aparejos, la proporción sensiblemente 1:2 entre la soga y el tizón del adobe provoca que las juntas verticales no queden bien trabadas o alternadas. Este es uno de los puntos débiles de la construcción de fábrica de adobe.

Independientemente del aparejo, los adobes se posan sobre un lecho de mortero de barro —en ocasiones mezclado con algo de cal— que tan sólo se tiende horizontalmente en los tendeles. Cada adobe se junta con el adyacente sin ningún mortero de contacto.

Esto es un punto débil de la construcción de fábricas de adobe, ya que cuando se va a abrir una grieta vertical, las piezas se desplazan sin que nada se lo impida.

Las esquinas no siempre se aparejan con adobe tal cual hemos visto antes. En muchos casos se van disponiendo sillares de piedra a cremallera para definir y reforzar la esquina. En estos casos se carean los lechos y los frentes, pero no la cara con la que se encuentra el muro de adobe. Para concertar el encuentro entre ambos materiales se recortan los adobes e incluso se les cambia el sentido, además de rellenar los huecos con ripios.

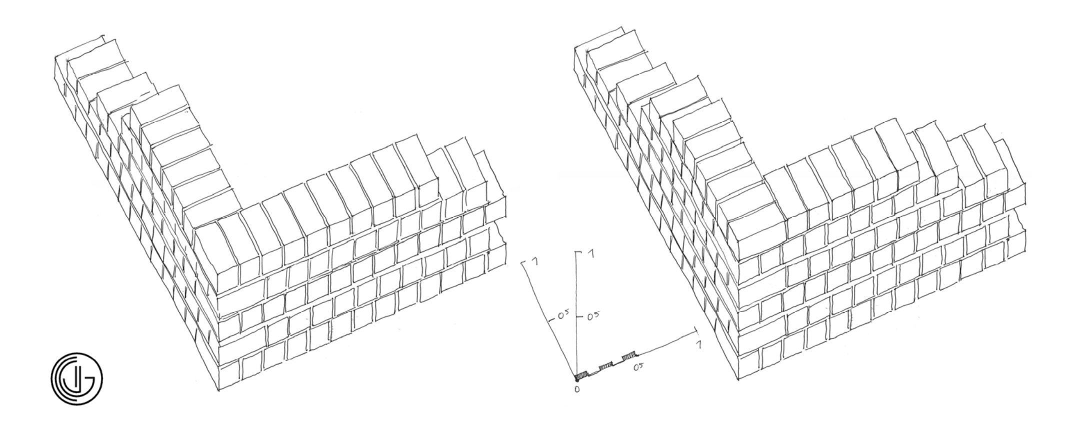


Figura 6
Proceso constructivo de un muro de adobe aparejado a tizón. Solución de la esquina

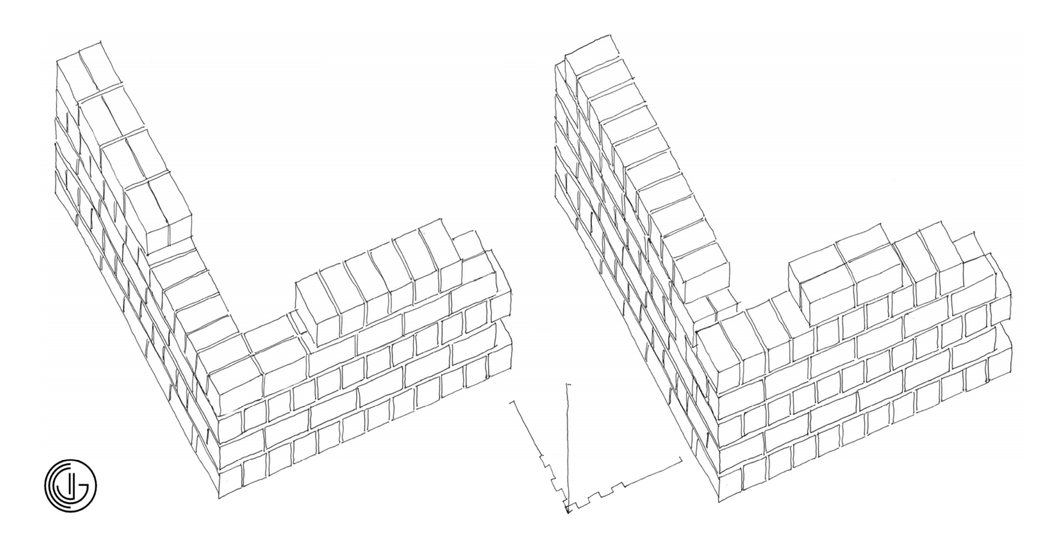


Figura 7
Proceso constructivo de un muro de adobe aparejado con una hilada a soga y otra a tizón. Solución de la esquina





Figuras 9 y 8
Dos maneras de resolver la esquina de una construcción de adobe. Esquina con sillares de cantería labrada en dos caras en un muro de adobe a tizón en Caltojar y esquina aparejada con piezas de adobe en Santa María del Prado (Soria)

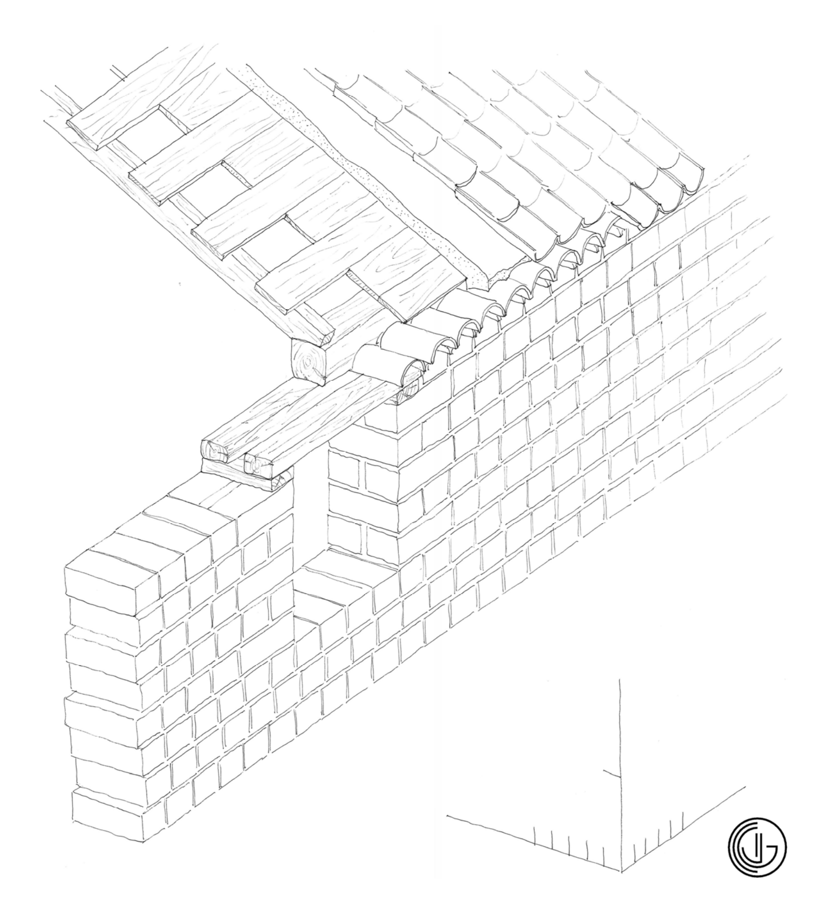


Figura 10
Cargaderos de madera para resolver un hueco en un muro de adobe a tizón y apoyo de la cubierta sobre el muro de carga

Entramados de madera y muros armados

Se ha reunido bajo el mismo epígrafe a los muros armados y a los entramados de madera porque, aunque conceptual y estructuralmente tienen funcionamientos distintos, a nivel constructivo presentan similitudes, es especial en lo que respecta a la labra de la madera.

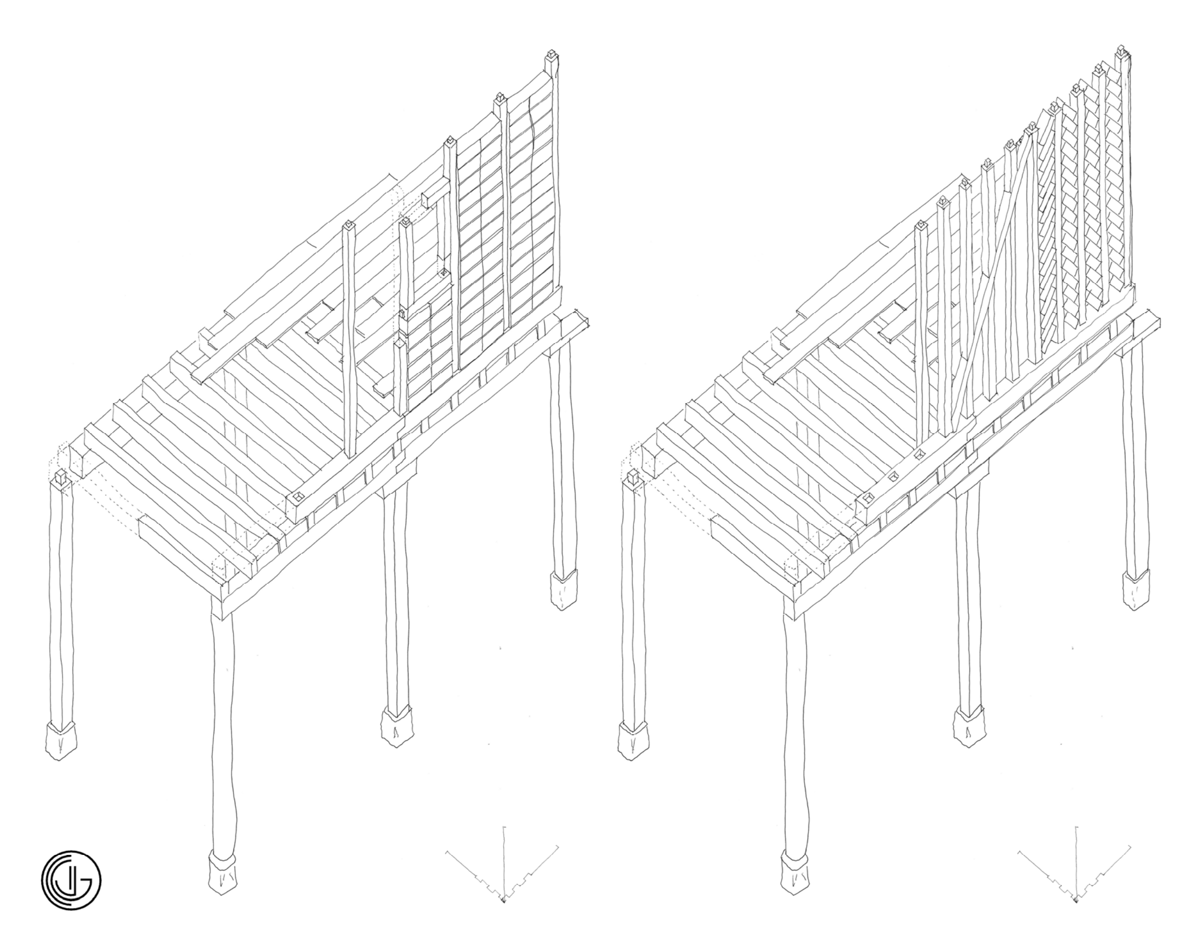


Figura 11
A: muro armado de pies derechos relleno de medio pie de adobe a soga
B: entramado de madera con relleno en media espina de pez

La diferencia entre los muros armados con madera y los entramados es que en los primeros el elemento portante del muro es la fábrica de adobe, la cual se encuentra armada con elementos de madera que añaden estabilidad a la fábrica. Las escuadrías de los pies derechos son mayores en los muros armados que en los entramados. La

separación entre los pies derechos suele rondar entre 80 y 100 cm, de manera que cada cuartel se rellena con dos o tres adobes a soga. Entre estos pies derechos se abren los huecos, que en ocasiones aprovechan los propios pies derechos como jambas.

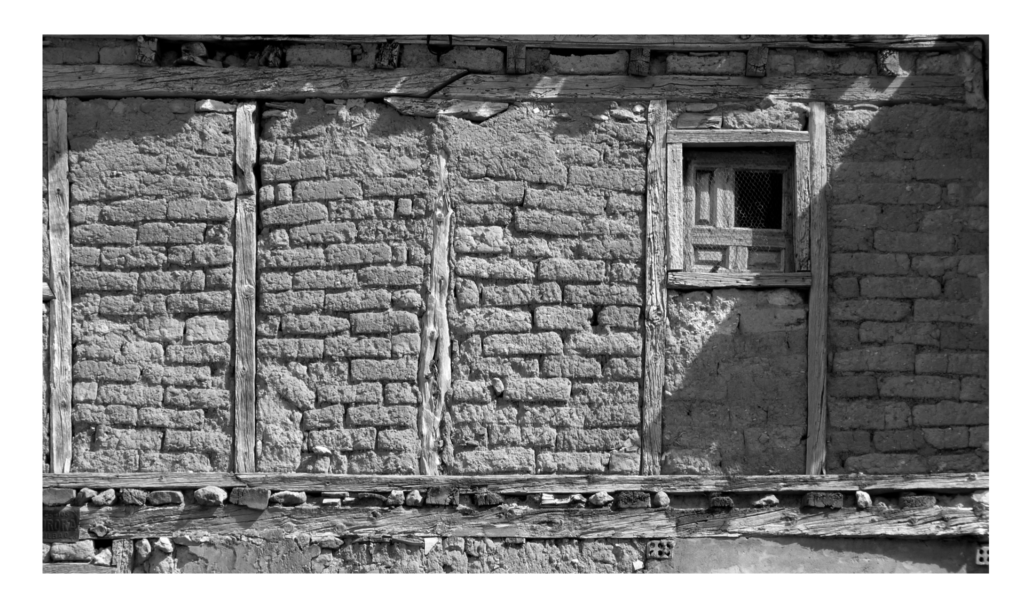


Figura 12
Muro armado de pies derechos relleno de medio pie de adobe a soga en Zayas de Bascones (Soria)



Figura 13
Entramado de madera con relleno en media espina de pez en Valdenebro (Soria)

Este sistema constructivo emplea la tierra como mero relleno, en origen no portante, que con el tiempo se vuelve solidario con la estructura de madera que configura la construcción. La plementería se suele aparejar en espina de pez —adobes inclinados entre dos pies derechos— o, si el espacio es mayor, directamente horizontales a soga. En cualquier caso, los cuarteles y los elementos lignarios siempre van a quedar tapados y protegidos por el manteado o el revestimiento. No obstante, si bien los muros de fábrica de tierra —tapia o adobe— pueden quedar en algún caso sin revestir, la construcción entramada exige esta protección al ser la madera un material más expuesto a procesos patológicos generados por la fotodegradación, los cambios dimensionales o la pudrición por los cambios de humedad y los ataques por organismos xilófagos.

La madera que se ha empleado para los entramados ha sido mayoritariamente la de sabina albar (*Juniperus Thurifera*). Sin embargo, en otras zonas menos accesibles a este material se han empleado la madera de pino silvestre o albar (*Pinus Sylvestris*), pino negral o salgareño (*Pinus Nigra*) e incluso, en construcciones de menor entidad arquitectónica, madera de chopo (*Populus Alba y Populus Nigra*).

Las maderas se labran y se escuadran para formar las piezas que formarán los elementos constructivos. Las escuadrías más comunes son: 25 x 25, 20 x 25 y 18 x 15 cm para pilares y vigas principales; 15 x 8 o 13 x 10 para el orden secundario de elementos del entramado. Se observa que para los elementos verticales con carga paralela a su directriz se emplean escuadrías de proporción cuadrangular o sensiblemente cuadrangular, mientras que para los elementos horizontales sometidos a esfuerzos a flexión, las proporciones tienden a estar entre el 1:2 y el 1:1,4. Estas proporciones de la sección son las más eficaces para este tipo de esfuerzos. Se muestra de esta manera un conocimiento estructural rudimentario pero eficiente. Por supuesto, las dimensiones de la sección de cada pieza se adaptarán al tronco del árbol de donde se obtiene. Igualmente, aunque se buscan los troncos de directriz más recta, en los elementos no portantes —como son las diagonales de los entramados— se puede permitir alabeos y curvaturas.

Los encuentros entre las piezas de madera se resuelven cajeando las carreras de manera que al afilar las cabezas de los pies derechos queden posicionadas. Los encuentros horizontales entre carreras pueden darse de varias maneras. Se observa que se intenta por hacer coincidir la junta con un nudo entre la estructura vertical y la horizontal, para que la propia fuerza vertical evite el desplazamiento de las carreras. Al ser una estructura esencialmente isostática, las discontinuidades de los elementos

horizontales sometidos a flexión deben realizarse en los puntos de momento flector nulo, esto es: en los extremos de los vanos.

Entre los casos estudiados se han advertido dos tipos básicos de ensambladuras: el ensamble a media madera en que se realiza una mortaja a cada carrera hasta la mitad del grosor para que, al encajarlas, la sección sea constante; y el ensamble directo con las cabezas cortadas oblicuamente, más tosco. El empleo de zapatas para reforzar los encuentros entre los pilares o pies derechos principales se circunscribe a algunas zonas y no es generalizado.

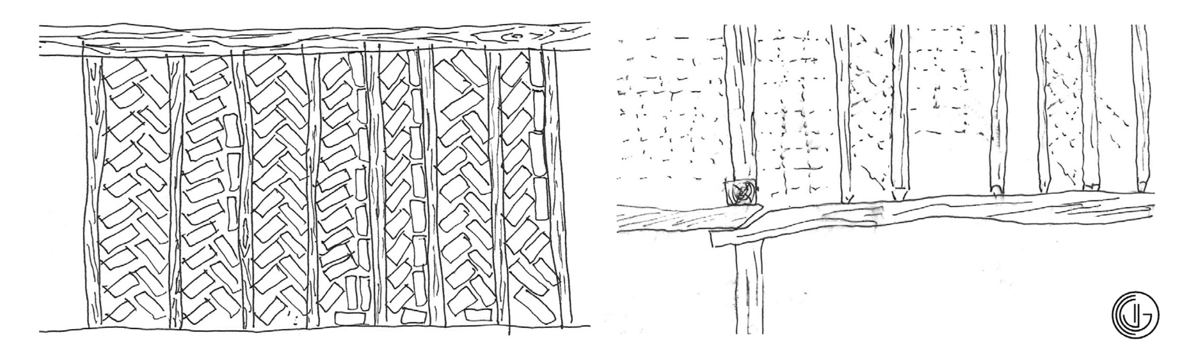


Figura 14
A: el relleno, al no tener en un principio función estructural puede descuidarse en su aparejo, como es el caso de este entramado en Centenera de Andaluz
B: cajeado o afilado de las cabezas de los pies derechos de un muro entramado en Osona



Figura 15
Tipos de ensamblajes en las carreras de los entramados de madera: ensamble directo con corte oblicuo, a media madera y a media madera con zapata

PATOLOGÍA CONSTRUCTIVA DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA

Tras este somero análisis de los fundamentos constructivos de la arquitectura de tierra se aborda el estudio de los principales daños que afectan a estas fábricas. Éstos se pueden agrupar en tres grandes conjuntos: grietas y fisuras, daños en el elemento constructivo y humedades. Sin embargo, no es el efecto o el daño en sí lo que interesa estudiar, sino la causa que lo haya provocado, propiciado, favorecido o extendido.[3] Se ha aplicado el método científico para el estudio patológico de los daños en la arquitectura de tierra a través de los datos disponibles tomados *in situ* y recogidos en una serie de fichas de toma de datos. En una fase preparatoria se han catalogado las lesiones que afectan a los muros de fábrica de tierra y de cada uno de ellos se ha buscado su causa.

Los daños más comunes son grietas y fisuras, deformaciones, desprendimiento del revestimiento, disgregación del material, deterioro y pérdida de piezas y elementos, humedades en la parte baja del muro, filtraciones en la cabeza, disgregación, erosión o lavado superficial. Sin embargo, interesa más estudiar la patología constructiva no desde los daños o efectos de unas causas, sino las causas mismas que originan esas lesiones.[4] Al ir al origen del fenómeno se pueden separar los daños en función de sus causas, aunque haya ocasiones en que un mismo tipo de lesión puede estar originada por causas distintas. El conocimiento de la causa se muestra fundamental a la hora de proponer una correcta conservación.

Se observa que hay daños generales que afectan a todo tipo de construcción, cuyo origen es externo, como pueden ser algunas humedades o asientos diferenciales por movimientos del terreno. No obstante, hay una serie de daños que tienen que ver intrínsicamente con la propia técnica constructiva, bien por el material en sí o bien por el proceso constructivo.

---

[3] De manera análoga al método seguido por Keefe en su estudio sobre la arquitectura de tierra en Inglaterra, que especifica las «causas principales de fallos en muros de tierra y cómo reconocerlos» en defectos inherentes asociados a los métodos de construcción y materiales originales, problemas que surgen tras alteraciones e intervenciones, el empleo de materiales y métodos de intervención inapropiados, daños físicos provocados desde fuentes externas y humedades en los muros de tierra (Keefe 2005, 125–151).

[4] Maldonado Ramos estudia los factores antropogénicos, medioambientales, biológicos y de comportamiento mecánico que provocan los procesos patológicos, y clasifica los daños en función de su afección: a la superficie de acabado, al material constructivo del elemento arquitectónico y al comportamiento del sistema constructivo (Maldonado Ramos 2009, 679 y ss).

La falta de mantenimiento y abandono es quizá el motivo más generalizado por el que se han acelerado todos los procesos patológicos y por el que se ha llegado, tristemente en muchos casos, a la ruina. La arquitectura tradicional y, en este caso la de tierra, tiene la particularidad de que los escombros de su ruina se acaban degradando de forma natural hasta volver a la naturaleza en su condición primera: la madera se pudre y la tierra se desmorona y se vuelve a convertir en barro, como lo recogía Alejo Carpentier en la cita que encabeza esta publicación.

Daños derivados de la naturaleza del material o del proceso constructivo

Muchos de los daños que sufren los elementos y sistemas constructivos analizados provienen directamente de deficiencias en su puesta en obra o de particularidades de la propia técnica constructiva e, incluso, del anomalías del propio material o de su fabricación. Así, los adobes suelen presentar desgastes superficiales por desprendimiento de hebras de paja.[5] La tierra es un material que presenta poca resistencia superficial, por lo que resiste mal los impactos y las erosiones (Maldonado Ramos 1999, 13).

En los encuentros entre materiales y elementos es común encontrar fisuras y grietas. Entre los cajones de tapia de tierra que acometen perpendicularmente no hay traba ni continuidad del material, ya que el primero que se hace se le ha puesto una tajadera[6] y, por lo tanto, presenta el frente plano y liso. El segundo aprovecha este frente como tajadera, pero no hay interconexión del material. Cuando, por falta de mantenimiento se pierde el revestimiento, esta separación física entre los distintos elementos se convierte en una grieta potencial que, con el tiempo, se acabará abriendo y generando un proceso patológico. Uno de los problemas constructivos intrínsecos a la propia técnica de tapia de tierra es que en los encuentros entre cajones de tapia, no hay continuidad del material.

[5] La paja que lleva en el interior de su masa le confiere una ligera resistencia a tracciones internas. Los adobes se forman en un molde llamado adobera o gradilla. El proceso de fabricación de los adobes está suficientemente explicado en los diversos estudios (Maldonado Ramos y Vela Cossío 1999, 21–25). El adobe ha sido objeto de diversos estudios por la facilidad y los escasos recursos económicos que hay que destinar para su fabricación.

[6] La tajadera es el «tablero de madera empleado para cerrar el lado libre del encofrado que se hace encajar entre los tableros laterales de éste e impide que las tablas se junten entre sí (Hoz Onrubia, Maldonado y Vela 2003, 188).

Esta discontinuidad provoca un punto débil. En aquellos casos en que la tierra no está completamente seca se acaba produciendo una grieta fruto del cambio dimensional que se origina con la retracción del material al secarse. Se ha observado que cuando hay un pequeño movimiento del terreno o un simple asiento, las grietas se abren desde estos puntos de discontinuidad, provocando el comienzo de un proceso patológico agravado cuando se ha deteriorado o perdido el revestimiento por la falta de mantenimiento o abandono. A veces, este desprendimiento del revoco se produce en las juntas de la tapia de tierra por las retracciones del propio material cuando no se empleó tierra completamente seca.

Las fisuras se producen porque se han dado unos esfuerzos de tracción que el material no es capaz de resistir. Para contrarrestar esta falta de capacidad resistente a compresión se incluyen fibras de paja en el manteado con barro. En muros de tapia de tierra, las fisuras de los revestimientos perfilan en superficie el aparejo de los cajones. El adobe, aunque utilice barro con alto contenido en humedad en su fabricación, pasa por un proceso de secado por el que ya ha sufrido todos los cambios dimensionales debidos a la retracción por secado cuando se coloca en obra.



Figura 16
Muro de tapia de tierra en Covarrubias. Entre dos cajones hay una grieta vertical. También se puede observar la junta inclinada derivada del proceso de construcción como separación entre dos tajos de obra



Figura 17
Daño producido por un fallo en el diseño constructivo. La carrera de madera sobre el irregular muro de adobe de este corral en Andaluz(Soria) se ha roto por la mala solución para el dintel de la ventana, que se ha deformado. La falta de revestimiento, la exposición en un punto crítico y el movimiento de las tejas ha provocado la entrada del agua y su pudrición y posterior rotura ha acelerado este proceso

Para concertar el encuentro entre materiales en las esquinas reforzadas con piedra de los muros de fábrica de adobe se adapta tanto el aparejo de la fábrica de adobe a la forma de la piedra como las propias piezas de adobe, algunos de los cuales se cortan para encontrarse con los sillarejos careados que forman la cremallera de la esquina. Estos cortes provocan puntos débiles por los que puede empezar un proceso patológico. En efecto, cuando se produce un lavado superficial, el agua se acumula entre los huecos dejados entre los dos materiales. La apertura del hueco favorece el anidamiento de aves.

En los muros de adobe en que las piezas se disponen a tizón es habitual encontrar que las llagas no están lo suficientemente alternadas. Esto, junto a la falta de mortero en ellos —en muchas ocasiones sólo se tiende una cama de mortero de barro en los tendeles horizontales de la fábrica— origina un punto débil por el que se puede abrir una grieta.

Relacionado con la puesta en obra, en los encuentros entre los distintos materiales se suelen producir una serie de daños. Así, los encuentros entre los elementos de madera y los muros o los rellenos de tierra —en caso de los entramados— constituyen un punto débil (Keefe 2005, 134). También se ha observado que en el encuentro entre los pares de cubierta que apoyan directamente en los muros testeros y estos muros, al no haber siempre un alero que proteja el muro —sobre todo en los edificios auxiliares

donde se ha puesto menor cuidado en las soluciones constructivas— las filtraciones de agua acaban pudriendo la madera y acelerando los procesos patológicos, manifestados en la disgregación del material en contacto con la madera.



Figura 18
La alineación de las llagas y la falta de mortero en ellos favorece la propagación de las grietas, como es el caso de esta casilla agrícola en Ligos, en la que la cubierta ha empujado en la cabeza del muro y éste se ha separado del de la fachada lateral en la que se advierte la grieta

En el caso de los entramados de madera, la presencia de la tierra es en origen un mero relleno sin función estructural: de ahí la despreocupación en el aparejo de los plementos entre los entramados. Con el tiempo se ha observado que adquiere función

estructural por fallos y lesiones en la estructura lignaria y que ese descuido acelera los procesos patológicos.

Daños en los elementos derivados del abandono o la falta de mantenimiento

El desprendimiento de revocos se debe la mayoría de los casos a la falta de mantenimiento. El revoco va perdiendo adherencia con el tiempo y es el que sufre la mayor parte de las acciones dañinas y protege al elemento que recubre. Este desgaste progresivo provoca su caída o simple pérdida por disgregación. Si no se mantiene con cierta constancia, su función protectora se pierde con su propio desgaste, con lo cual los daños afectarán directamente al elemento constructivo del muro.

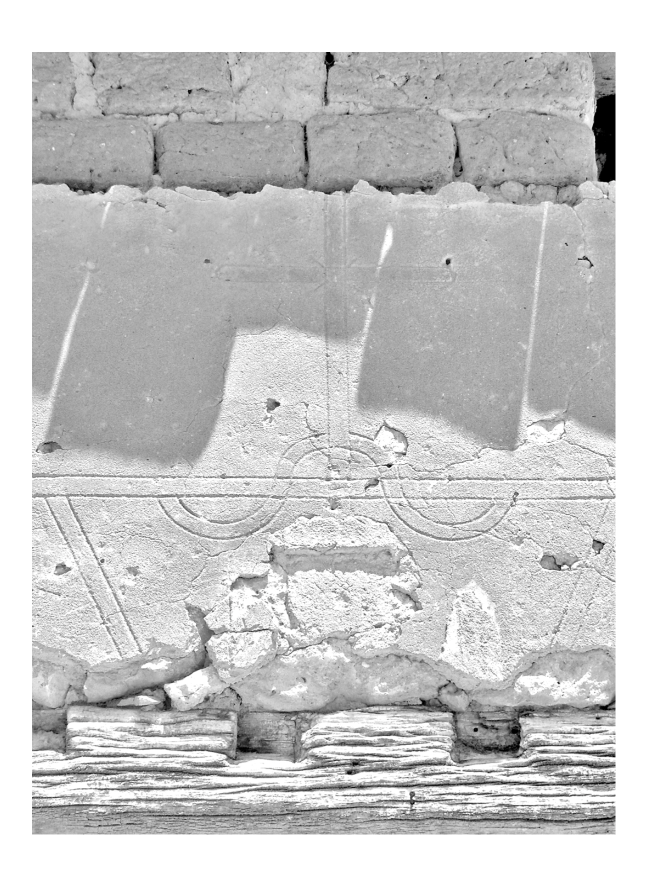


Figura 19
La pérdida del revoco, en este caso cuidadosamente decorada con motivos religiosos y geométricos, causa la degradación del muro de adobe. El revoco consta de varias capas de barro, arena y cal. Corral en Peñalba de San Esteban (Soria)

La falta de mantenimiento a veces es comparable a un mantenimiento incorrecto. Cuando se ha perdido el revestimiento original de barro y cal o el manteado de barro y paja y se ha sustituido por mortero de cemento se pueden originar nuevos daños por incompatibilidad de materiales (Keefe 2005, 140). El mayor problema del mortero de cemento es que tiene mucho más rigidez e impermeabilidad que la superficie del elemento sobre el que se tiende. De esta manera, éste no puede evaporar el agua que, bien por filtraciones o capilaridad, o por salpicaduras o mera higroscopicidad, retiene en su masa y se acumula entre la superficie del elemento de tierra y la cara interior del enfoscado de mortero de cemento. La acumulación de agua provoca, por una parte, la aparición de ampollas o bolsas con humedad permanente que favorece la disgregación del material tierra y, por otra, el deterioro del revestimiento.

La acumulación de agua produce manchas y decoloraciones, al alterarse la proporción de agua en la masa de la capa de cemento (Villanueva 1999, 288). También pueden aparecer eflorescencias, que se producen al precipitarse las sales solubles que tiene el agua en fase líquida y que cristalizan en la superficie del revestimiento al evaporarse el agua. El origen de estas sales puede provenir de los materiales, que contienen impurezas, como la arena de río si contiene mica, la lluvia ácida que altera los carbonatos presentes en la superficie en sulfatos o del cemento del revestimiento.[7]

El origen de este daño radica en la elección del revestimiento monocapa como solución constructiva. Los revocos tradicionales de cal suponían una sucesión de capas —de regularización, de protección y de acabado— en las que se variaba la granulometría y la proporción entre arena, barro y cal.

De igual manera, cuando se abandona un edificio de construcción tradicional y no se reteja periódicamente, los agentes meteorológicos —viento, lluvia, nieve— mueven las tejas de la cubierta y los aleros, abriendo paso al agua que se filtra en el muro produciendo su desgaste en la cabeza y, como se desarrolla más adelante, humedades de filtración y lavados superficiales. La rotura y deterioro de las piezas con el tiempo, así como los daños en el elemento constructivo aceleran cualquier otro proceso patológico que se pueda producir.[8]

---

[7] Villanueva 1999, 285. Rainer (2008, 51–52) recoge estudios sobre daños derivados de la presencia de sales en construcciones con tierra.

[8] Maldonado Ramos distingue entre erosión, disgregación, disolución y desprendimiento (exfoliación, descamación o desconchado) (Maldonado Ramos 2009, 681).

Daños derivados de acciones mecánicas externas a la fábrica

Las acciones externas más comunes son los movimientos del terreno por asiento de la edificación sobre él. Si el asiento es de poca entidad, la fábrica se adaptará con simples movimientos o desplazamientos de sus piezas, sobre todo si se trata de piezas pequeñas y regulares como los adobes en los que, además, no hay mortero en las llagas verticales. Ante asientos de mayor entidad, se manifestará una grieta en la fachada que rara vez romperá las piezas, esto es: se distribuye por las juntas entre las piezas y el mortero. Esto se debe a que el mortero empleado en las fábricas de adobe no es más que simple barro, más débil que los elementos que liga. Cuando se hace una reparación con mortero de cemento, mucho más rígido y resistente, y se produce un asiento o una acción ante la cual la fábrica reacciona agrietándose, el cemento provoca la rotura de las piezas.

CAUSA	LOCALIZACIÓN	GRIETAS	CASOS
ASIENTO PUNTUAL	CENTRADO		ROTURA DE UNA VIGA O CARRERA DE MADERA
	LATERAL		ROTURA DE UNA VIGA O CARRERA DE MADERA
ASIENTO CONTINUO	CENTRADO		MOVIMIENTO DEL TERRENO DEFORMACIÓN DE UNA VIGA O DINTEL INFERIOR
	LATERAL		MOVIMIENTO DEL TERRENO DEFORMACIÓN DE UNA VIGA VOLADA INFERIOR APOYO DIFERENCIAL
EMPUJE	CENTRADO		APOYO DE UN PIE DERECHO EMPUJE DE UN PAR DE LA CUBIERTA
	LATERAL		EMPUJE DE LA CUBIERTA

Figura 20
Clasificación de los tipos de grietas según sus causas y algunos casos y ejemplos

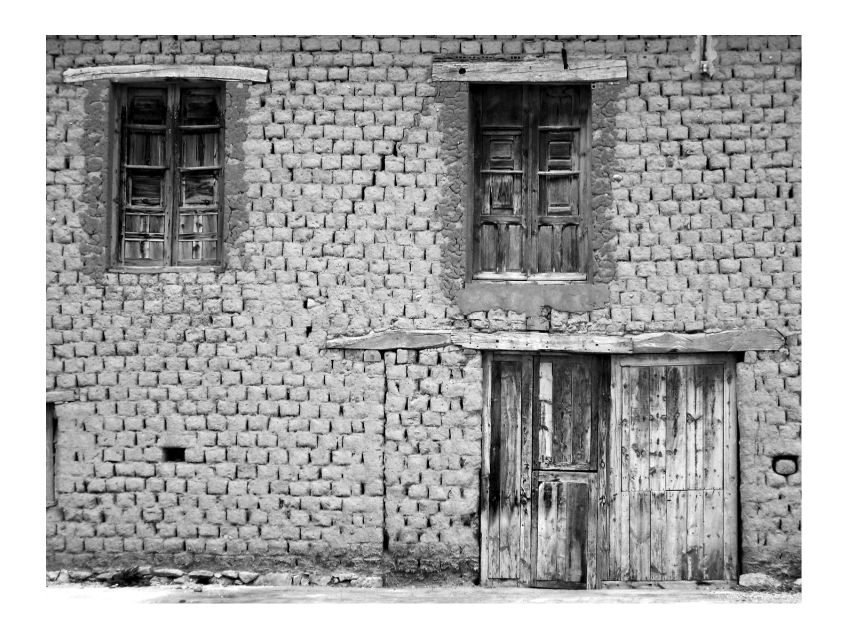


Figura 21
Arco de descarga formado en un muro de adobe en San Esteban de Gormaz (Soria) por la deformación de la viga que hace de dintel para el hueco del portón carretero. Se observa que se ha reducido la luz del hueco para mitigar la deformación de la madera



Figura 22
Grietas formadas por el empuje de la cubierta en Sauquillo de Boñices (Soria)

Los asientos pueden ser puntuales o continuos, y en función de su naturaleza se producirán unas trayectorias de grietas u otras (Monjo Carrió 1999b, 94–96). Cuando un asiento es puntual se abren unas grietas verticales, mientras que cuando es continuo

se forman arcos de descarga. A continuación se recogen una serie de grietas comunes según el tipo de asentamiento. Esta deformación del plano de apoyo no necesariamente tiene que ser del terreno, sino que puede tratarse del asiento de un paño de la fábrica por mala construcción o sobrecarga al hacer un recrecido o, lo más habitual, puede ser la deformación o pérdida de material de un elemento horizontal de madera, como una carrera o el cargadero sobre un hueco. En este caso, como en otros que se estudiarán a continuación, las acciones se forman en el propio edificio, pero se han catalogado como *externas* ya que lo son de la estructura de fábrica de tierra, que es la que sufre las lesiones.

Cuando la carga provoca deformaciones excesivas en la pieza de madera —una viga o una carrera, por ejemplo—, éstas pueden producir asentamientos en la fábrica manifestados en forma de grietas o fisuras, con desprendimiento de material superficial. No obstante, los casos más comunes de daños en las fábricas de tierra se deben a acciones de la estructura de madera sobre la de tierra. En muchos casos los pares de faldón lateral empujan la carrera.

Daños derivados de otras acciones externas

Otras acciones externas, como pueden ser el ataque de xilófagos o la fotodegradación sólo afectan a los elementos de madera. Su estudio patológico exigiría una mayor dedicación. Cuando un entramado de madera pierde capacidad portante por degradación y pérdida de material, el relleno, que en origen no tenía función estructural como hemos visto en el capítulo anterior, entra progresivamente en carga, resultando una fábrica mixta de tierra y madera donde los elementos horizontales de madera han dejado de trabajar a flexión y toda la masa funciona a compresión.

Entre otras acciones externas se pueden entender las humedades que, por su amplitud y cantidad de casos y daños que producen, las estudiamos en un epígrafe propio.

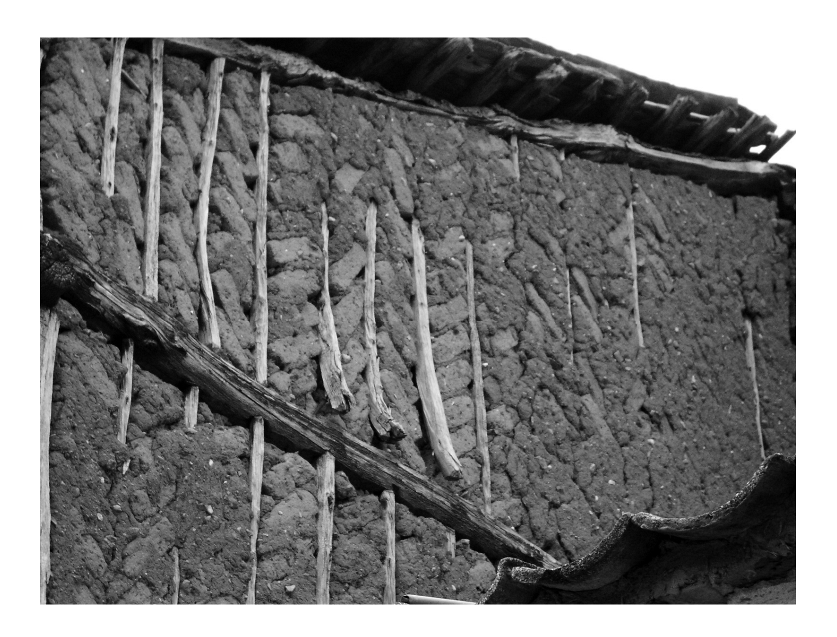


Figura 23
Entramado de madera en Estebanvela (Segovia) en el que la fotodegradación y las diferencias de humedad han provocado el alabeo de los pies derechos. Éstos han perdido, por tanto, su función portante que ha sido transferida a la fábrica de adobe que en origen sólo actuaba como relleno

Daños derivados de humedades

Las humedades son quizá el daño más común que presentan las construcciones en tierra. Cuando, por pérdida de revestimiento el agua entra en la masa de tierra, ésta permanece en él debilitándola. La tierra es un material muy poco impermeable, por lo que es necesario evitar la entrada de agua en él. Las humedades más comunes que por sí solas son causa de daños son las humedades por capilaridad, las salpicaduras y las filtraciones.

Cuando el terreno está saturado de humedad y el zócalo de piedra no es capaz de retenerla, se manifiesta una zona húmeda en la parte baja de los muros como una mancha horizontal. A veces el mortero de barro y el relleno interior del zócalo —de cascotes y barro—favorece la ascensión por capilaridad de la humedad del terreno (García Morales 1999, 18). Estas humedades de capilaridad provocan la pérdida de adherencia entre el revestimiento y el elemento constructivo del muro, facilitando su desprendimiento. El nivel de la humedad depende de la presión del agua en los capilares dentro del material, por lo que la humedad para su ascenso cuando se iguala

esta presión con la del exterior. Se ha observado el repetido error de enfoscar con mortero de cemento —e incluso el de chapar con piedra o azulejería las partes afectadas por la humedad—, con lo que no se provoca nada más que la humedad siga ascendiendo mientras debilita el muro y facilita su ruina (Keefe 2005, 144).



Figura 24
Pérdida masiva de material debido a la humedad de capilaridad en una vivienda en Covarrubias (Soria)



Figura 25
Humedades en el encuentro entre un muro de adobe y el terreno en Serón de Nágima (Soria). Se provoca la pérdida progresiva de la superficie del material. El zócalo de piedra ha sido rebasado por el nivel de la calle y ya no protege el adobe de las salpicaduras.

Las salpicaduras se producen cuando las gotas de lluvia rebotan en el pavimento de la calle y salpican la parte baja de los muros (Rainer 2008, 53). En muchas ocasiones, con los sucesivos reasfaltados de las vías, el zócalo ha ido siendo recubierto hasta quedar sepultado, perdiendo su función de protección de humedades en la parte baja del muro. Estas humedades, al contrario que las de capilaridad que afectan a todo el grosor del muro, sólo afectan a la superficie, la cual sufre un proceso erosivo que no es capaz de soportar cuando el revestimiento no ha sido mantenido.

Debido a las humedades de capilaridad y a las salpicaduras cuando el edificio ha sido abandonado y no se han tomado las precauciones indicadas, el proceso se acelera pudiendo provocar pérdida de material en el encuentro con el zócalo.

Las filtraciones suelen ser efecto de caída de tejas y aleros, rotura de la estructura de cubierta u otros motivos, pero son causa directa de daños en los muros de fábrica de tierra. Provocan escorrentías o lavado superficial con pérdida de material en cabeza y la disgregación del muro.



Figura 26
Filtración debida al mal diseño de la lima en el encuentro entre la cubierta y el remate de la cabeza del muro de tapia de tierra provocando una erosión longitudinal en Balluncar (Soria)

CRITERIOS BÁSICOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA

Una vez analizados y conocidos los daños principales que afectan a las fábricas de tierra y las causas que los provocan, se extraen unas conclusiones sobre los criterios básicos que se deben seguir para conservar este tipo de construcciones desde los principios de la sostenibilidad.

El término sostenibilidad fue acuñado en 1987 en la World Commission on Enviornment and Development y posee un amplio significado, ya que alude al intento de abastecer las necesidades del tiempo presente sin que la capacidad de las futuras generaciones para asegurarse sus propias necesidades se vea mermada ni comprometida.

En esta línea se definió, en la Conferencia de la Tierra en Río de Janeiro de las Naciones Unidas de 1992, el concepto de desarrollo sostenible como la mejora de las condiciones de vida de la gente en términos económicos y sociales pero en armonía con la salvaguardia futura del patrimonio natural para la vida. En este momento hubo una llamada a la responsabilidad desde las entidades locales hacia la conservación del medio ambiente y hacia la conservación de las necesidades de las futuras generaciones a través de la Agenda 21. La sostenibilidad, por tanto, tiene una componente ambiental a escala territorial en la que se engloba la edificación, pero también presenta una componente cultural con vínculos e interacciones sociales, que tienen que ver con la participación y la educación. En tal línea, hay una serie de actitudes a la hora de conservar que se pueden considerar sostenibles y que han sido características de la construcción tradicional con tierra.

En primer lugar está el empleo de materiales locales. Como ha quedado patente en diversos análisis de distribución geográfica de la arquitectura con tierra (Gil Crespo 2014), la tierra como material de construcción sólo se ha utilizado en aquéllas localidades ubicadas en terrenos con abundancia de ella. Así, en las zonas montañosas y en los páramos calizos se ha utilizado la piedra en lugar de la tierra.

Los materiales tradicionales tienen un ciclo de vida cerrado, esto es: cuando se abandonan y caen en la ruina, con el tiempo vuelven a su estado primitivo. En este sentido, el ahorro en la gestión de residuos es considerable. Además, las piezas que se puedan conservar (piezas de adobe, elementos de madera...) tienen la posibilidad de ser reutilizados. La tierra de los muros de tapia caídos puede ser reciclada y vuelta a poner en uso.

La conservación de la construcción tradicional con tierra supone así mismo el mantenimiento de tradiciones y la cultura local. Se pone en valor la identidad social,

cultural e histórica enclavada dentro del contexto de las formas de vida de la población local. De esta manera se reconoce socialmente a todos los sectores de la población y a los agentes de la construcción, ya que se fomenta el empleo de mano de obra local con regeneración económica en buenas condiciones laborales. Se consigue así el fomentar la formación en estas técnicas de los parados o jóvenes de los municipios.

Una buena intervención comienza por reunir una completa documentación sobre la arquitectura de tierra a nivel territorial y sobre los edificios que permita diseñar y organizar un programa de mantenimiento periódico ligado a la educación y sensibilización de la población en la conservación del patrimonio tradicional. Esta concienciación ha de contemplar aspectos técnicos y constructivos como la compatibilidad de materiales, técnicas de limpieza, estabilización y protección ante los agentes patológicos. La formación del profesional en las técnicas apropiadas de intervención sobre la arquitectura de tierra debe observar el comportamiento mecánico, la función y construcción de los revestimientos y la compatibilidad entre materiales (Rodríguez *et al* 2011, 105-106).

En cuanto a las cuestiones meramente técnicas, hay que tener en cuenta que la reparación que se lleve a cabo dependerá del daño o lesión y, fundamentalmente, de la causa que lo produce: de aquí la importancia de un estudio patológico en profundidad.

Se ha visto cómo la falta de mantenimiento y el abandono son origen y aceleradores de muchos procesos patológicos. En primer lugar, hay que llevar a cabo un mantenimiento periódico de estas construcciones, prestando especial atención a los puntos débiles que se hayan detectado. Estos puntos débiles son, entre otros, los aleros en los que se mueven y desprenden las tejas, las esquinas en las que no hay buena trabazón en el aparejo de los distintos materiales o elementos constructivos (adobes, cajones de tapia de tierra, sillares de esquina) o los encuentros entre materiales, especialmente los entramados de madera.

El mantenimiento del revestimiento se muestra como una de las acciones clave para la conservación de la arquitectura de tierra, ya que supone la protección frente a las fuentes de humedad. El revestimiento tradicional constaba de varias capas de protección y sufrimiento y era solidario con la estructura que lo soportaba y a la cual protegía. Si se utiliza un revestimiento de materiales modernos se deben tener en cuenta los posibles movimientos así como que debe ser impermeable al agua que escurre pero que no impida la ventilación de la masa del muro.

Cuando el daño ya se ha producido, se llevará a cabo una sustitución de los elementos dañados. En el caso de los entramados, se pueden sustituir las piezas de madera por otro material que trabaje a compresión, aunque lo que se esté sustituyendo

sea un elemento que originalmente trabajaba a flexión: con el tiempo toda la estructura se solidariza y trabaja fundamentalmente a compresión.

Si el daño se ha producido en el encuentro entre distintos materiales o técnicas —tapia y adobe, adobe y piedra— lo recomendable es sustituir las piezas cercanas para colocar algún tipo de atado en esa junta débil. Introducir materiales no tradicionales, como el acero, puede ser una solución aceptable cuando el daño se ha producido por defectos en el material, su colocación o alguna anomalía de la técnica. No obstante, ha de tenerse en cuenta la compatibilidad entre ellos a efectos de oxidación y comportamiento dimensional ante cambios higrotérmicos y sin alterar la flexibilidad ante los cambios geométricos intrínseca a la construcción de fábrica.

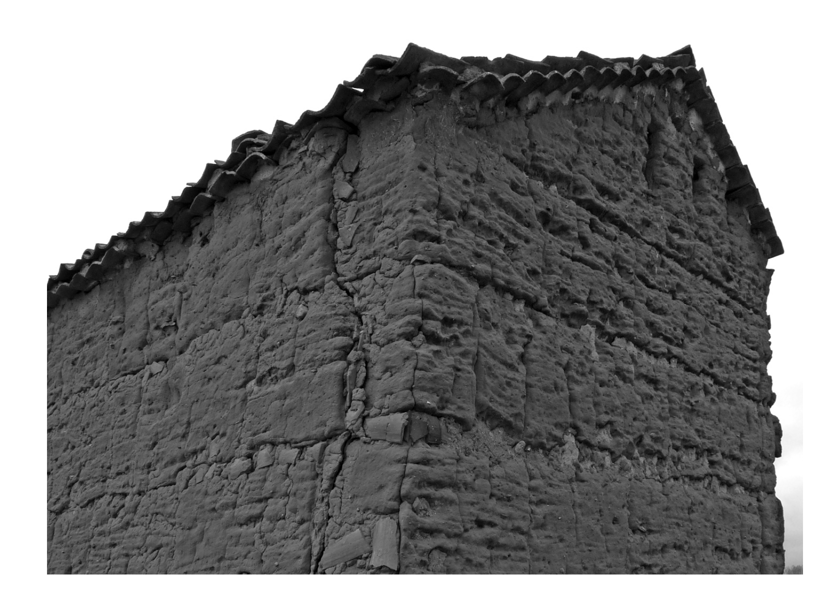


Figura 27
Taponado de una grieta abierta en las esquinas de un palomar de tapia de tierra en Covarrubias a base de tejas enripiadas y barro. El simple tapado de la grieta no asegura que la causa que la ha provocado (el empuje de la cubierta sobre el muro) desaparezca

En el ejemplo ilustrado en la figura que encabeza este párrafo se observa que el simple relleno de la grieta no es más que una solución temporal, ya que no afecta a la fuente del problema: el empuje de la cubierta. En este caso habría que sustituir o recolocar las piezas de la cubierta que, por pudrición o rotura, han provocado un descenso de la cumbrera y el empuje a través de los pares que se transmite a la cabeza del muro. Una vez neutralizado el empuje horizontal que provoca tracciones en la

esquina—la fábrica presenta escasa resistencia a tracción mientras que tiene una alta capacidad resistente frente a acciones de compresión— se rellena la grieta a ser posible con el mismo material —tierra— o con otro con las mismas características mecánicas, físicas y dimensionales habiendo antes limpiado las paredes de la misma y, si fuese necesario, abriéndola más para encajar el nuevo relleno y conectarlo con el muro original.

CONCLUSIONES

El estudio patológico muestra que distintas causas pueden provocar daños similares y fácilmente confundibles. El conocimiento de esas causas es fundamental para poder proceder a una correcta conservación de los edificios que sufren alguna lesión. Los procesos patológicos comienzan generalmente por la falta de mantenimiento y abandono. No obstante, se ha reparado en que hay una serie de daños inherentes al material, su proceso de fabricación, su puesta en obra y la técnica constructiva; aunque algunos daños —los provocados por agentes externos— afectan a cualquier muro independientemente de la técnica constructiva que se haya empleado para levantarle, sin embargo, se observa que hay una serie de daños que se deben al proceso de fabricación del material o de puesta en obra del elemento constructivo. Por tanto, conociendo el origen del daño se podrá plantear la correcta conservación.

LISTA DE REFERENCIAS

AZUAR RUIZ, Rafael. 2005. «Las técnicas constructivas en la formación de Al-Ándalus». *Arqueología de la Arquitectura* 4: 149–160: 149–160.

CHAZELLES, Claire-Anne de. 2003. «Témoignages croisés sur les constructions antiques en terre crue: textes latins et données archéologiques». *Techniques & Culture* 41: 1-27.

CORREIA, M.; CARLOS, G. ROCHA, S. (eds.). 2014. Vernacular Heritage and Earthen Architecture. Londres: Taylor & Francis.

FONT ARELLANO, Juana. 2010. «Técnicas medievales de construcción con tierra». En ARÍZAGA BOLUMBURU, Beatriz; SOLÓRZANO TELECHEA, Jesús Ángel (eds.). *Construir la ciudad en la Edad Media,* 335-354. Logroño: Instituto de Estudios Riojanos.

FONT ARELLANO, Juana. 2013. «La construcción de tierra en los textos. Errores, olvidos, omisiones». En HUERTA FERNÁNDEZ, Santiago; LÓPEZ ULLOA, Fabián S. (eds.) *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Madrid 9-12 de octubre de 2013.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

FONTAINE, Laetitia; ANGER, Romain. 2009. *Bâtir en terre. Du grain de sable à l'architecture.* París: Belin, cité des sciences et de l'industrie.

GARCÍA MORALES, Soledad. 1999. «Comportamiento hídrico de los edificios de construcción tradicional, y de sus materiales. Criterios generales». En MONJO CARRIÓ, JUAN. *Tratado de Rehabilitación. Patología y técnicas de intervención. 4. Fachadas y cubiertas.* Madrid: Munilla-Lería.

GIL CRESPO, Ignacio Javier. 2009. *Fundamentos constructivos y análisis patológico de la arquitectura tradicional de tierra en la provincia de Soria*. Trabajo de investigación. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

GIL CRESPO, Ignacio Javier. 2012. «Rammed earth walls in Serón de Nágima castle (Soria, Spain): Constructive lecture». En MILETO, C.; VEGAS, F.; CRISTINI, V. (eds.). *Rammed Earth Conservation*. Londres: Taylor & Francis Group.

GIL CRESPO, Ignacio Javier. 2012. «Estudios previos para el análisis constructivo y catalogación geográfica de la arquitectura de tierra en la provincia de Soria». *Celtiberia* 106: 523-556.

GIL CRESPO, Ignacio Javier. 2013. «Fundamentos constructivos y catalogación geográfica de la arquitectura de tierra en la provincia de Soria». *Celtiberia* 107: 281-304.

GIL CRESPO, Ignacio Javier. 2013. «Interpretación constructiva de la fábrica de tapia de tierra del castillo de Serón de Nágima (Soria)». *Castillos de España* 173-174: 25-36.

GIL CRESPO, Ignacio Javier. 2014. «Geographical cataloguing of earthen architecture in Soria (Spain)». En CORREIA, M.; CARLOS, G. ROCHA, S. (eds.). Vernacular Heritage and Earthen Architecture. Londres: Taylor & Francis.

JIMENO MARTÍNEZ, Alfredo; REVILLA, María Luisa; DE LA TORRE ECHÁVARRI, José Ignacio; BERZOSA, Ricardo; MARTÍNEZ, Juan Pablo. 2002. *Numancia, Soria. Guía Arqueológica.* Soria: Junta de Castilla y León.

JIMENO MARTÍNEZ, Alfredo; DE LA TORRE ECHÁVARRI, José Ignacio. 2005. *Numancia, símbolo e historia.* Madrid: Akal.

HOZ ONRUBIA, Jaime de; MALDONADO RAMOS, Luis; VELA COSSÍO, Fernando. 2003. *Diccionario de construcción tradicional. Tierra.* San Sebastián: Nerea.

KEEFE, Laurence. 2005. *Earth building. Methods and materials, repair and conservation*. London and New York: Taylor & Francis.

MALDONADO RAMOS, Luis. 1999. *Arquitectura construida con tierra en la Comunidad de Madrid.* Madrid: Fundación Diego de Sagredo.

MALDONADO RAMOS, Luis. 2009. «La construcción con tierra». En HUMERO MARTÍN, ANTONIO EDUARDO (coord.) 2009. *Tratado Técnico-Jurídico de la edificación y del urbanismo.* Pamplona: Aranzadi.

MALDONADO RAMOS, Luis; VELA COSSÍO, Fernando.1999. *Curso de construcción con tierra. 1. Técnicas y sistemas tradicionales.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

MALDONADO RAMOS, Luis; VELA COSSÍO, Fernando. 2011. «El patrimonio arquitectónico construido con tierra. Las aportaciones historiográficas y el reconocimiento de sus valores en el contexto de la arquitectura popular española». *Informes de la Construcción* 63 (523): 71-80.

MILETO, Camilla; VEGAS, Fernando; CRISTINI, Valentina (eds.). 2012. *Rammed Earth Conservation*. Londres: Taylor & Francis Group.

MONJO CARRIÓ, Juan. 1999a. «La evolución histórica de la arquitectura de tierra en España». En *Arquitectura de tierra: Encuentros Internacionales Centro de Investigación Navapalos.* Madrid: Ministerio de Fomento.

MONJO CARRIÓ, JUAN. 1999b. «Grietas en fachadas y tabiques de fábrica». En MONJO CARRIÓ, JUAN. *Tratado de Rehabilitación. Patología y técnicas de intervención. 4. Fachadas y cubiertas.* Madrid: Munilla-Lería.

RAINER, Leslie. 2008. «Deterioration and Pathology of Earthen Arqhitecture». En AVRAMI, ERKA; GUILLAUD, HUBERT; HARDY, MARY. 2008. *Terra literature review.* Los Ángeles: The Getty Conservation Institute.

RODRÍGUEZ, M. A.; MONTEAGUDO, I.; SAROZA, B.; NOLASCO, P.; CASTRO, Y. 2011. «Aproximación a la patología presentada en las construcciones de tierra. Algunas recomendaciones de intervención». *Informes de la construcción* 63 (523): 97-106

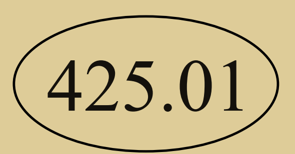
RODRÍGUEZ NAVARRO, Pablo. 2008. *La torre árabe observatorio en tierras valencianas. Tipología arquitectónica.* Tesis doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

VILLANUEVA, Luis de. 1999. «Patología de guarnecidos y revocos». En MONJO CARRIÓ, JUAN. *Tratado de Rehabilitación. 4. Patología y técnicas de intervención. Fachadas y cubiertas.* Madrid: Munilla-Lería.

NOTAS

NOTAS

CUADERNO



Cuadernos.ijh@gmail.com
info@mairea-libros.com

